

プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領について

池田 尚治*1・酒井 秀昭*2

国内の橋梁は、高度経済成長期から急速に整備されており、経年化による劣化が顕在化している。このため高速道路会社においては、2015年3月に橋梁の大規模更新や大規模修繕を事業化しており、劣化が進行した鋼橋の鉄筋コンクリート床版は、耐久性の高いプレストレストコンクリート床版に取替えることが決定された。

プレストレストコンクリート工学会としては、プレストレストコンクリート技術の確固とした貢献ができるよう供用中の路線の床版取替え工事を対象としたプレキャストプレストレストコンクリート床版技術の合理的な適用方法を検討することが必要であると考えられたため、2016年3月に鋼橋の劣化が進行した鉄筋コンクリート床版をプレキャストプレストレストコンクリート床版に更新する事業のための計画・設計・施工および維持管理方法を明らかにした「更新用プレキャスト PC 床版技術指針」を策定した。この「技術指針」は性能創造型設計の概念に基づく基本的な技術指針であり、床版更新事業の本質的な事項が明らかにされておりきわめて有用であるが、床版更新事業の実施に際してはこの技術指針を補完するプロセスを盛り込んだ設計および施工のための具体的な要領の必要性が認識された。そこで、「技術指針」策定のときと同様な構成で「更新用プレキャスト PC 床版技術検討委員会（その2）」を設立し、2017年3月に第1回の委員会を開催して、2018年3月までの1年間で「プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領」の策定を行った。本文は、この要領の概要について述べるものである。

キーワード：RC 床版，劣化，PC 床版，プレキャスト，更新

1. はじめに

1960年代から急速に建設が進められてきた都市間高速道路、都市内高速道路などの構造物の大規模修繕と更新の必要性が近年認識され始め具体的な対策が進められている。橋梁では経年供用による劣化が顕在化しているものもあり、とくに鋼桁橋の鉄筋コンクリート（以下、「RC」という。）床版の劣化が顕著である。これに対して、プレキャストプレストレストコンクリート（以下、「PC」という。）床版の高耐久性が評価され、これによる更新工事が実施され始めてきた。そこで（公社）プレストレストコンクリート工学会（以下、「PC 工学会」という。）としては、PC 技術の確固とした貢献ができるよう供用中の路線の床版更新事業を対象としたプレキャスト PC 床版技術の合理的な適用方法を検討することが必要であると考えられたため、2016年3月に鋼橋の劣化が進行した鉄筋コンクリート床版をプレキャスト PC 床版に更新する事業（以下、「床版更新事業」という。）のための計画・設計・施工および維持管理方法を明らかにした「更新用プレキャスト PC 床版技術指針」²⁾（以下、「技術指針」という。）を策定した。

この技術指針は、わが国における鋼桁上の床版更新事業にプレキャスト PC 床版を適用する際の基本的な技術の指針を示したもの³⁾であって本格的な道路橋の床版更新事業がスタートした時点でもあり、きわめて時宜を得たものであった。技術指針の目標は、更新された床版が耐久的で橋梁全体としてのライフサイクルコストが最適となること、

供用中の道路橋の床版を安全かつ短期間に更新すること、優れた PC 技術が正当に評価されること、および工事の実施会社が適切な経済運営のもとに工事を行って品質確保を図ることなどであった。この技術指針は、性能創造型設計の概念に基づく基本的な技術指針であり、更新工事の本質的な事項が策定されてきわめて有用であるが、今後の床版更新工事の実施に際してはこの技術指針を補完する具体的なプロセスを盛り込んだ設計・施工の要領の必要性が認識された。そこで、「技術指針」策定のときと同様な構成で「更新用プレキャスト PC 床版技術検討委員会（その2）」を設立し、2017年3月に第1回の委員会を開催して、2018年3月までの1年間で「プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領」⁴⁾（以下、「設計施工要領」という。）の策定を行った。

本委員会の成果物である設計施工要領の特徴は次のとおりである。① 性能創造型設計の概念に基づいていること、② 既設構造物の変状調査結果を設計に反映させること、③ 鋼桁などの鋼部材の診断・対策方法を示していること、④ 工事成果物の性能確保のための具体的な設計・施工方法や品質管理方法を示していることなどである。

本文においては、この設計施工要領の概要について述べる。

2. 委員会の構成

本委員会は、委員長1名、顧問1名、委員37名であり、表-1に示す構成となっている。なお、委員会のもとに幹

*1 Shoji IKEDA：(株)複合研究機構 代表取締役、横浜国立大学 名誉教授

*2 Hideaki SAKAI：中日本高速道路(株) 技術・建設本部

事を組織し、委員会で審議する資料の検討を行った。

表 - 1 委員会の構成

役 職	氏 名	所 属
委員長	池田 尚治	(株) 複合研究機構
顧 問	松井 繁之	大阪大学名誉教授
委 員	岩城 一郎	日本大学教授
委 員	齋藤 成彦	山梨大学大学院准教授
委 員	鳥居 和之	金沢大学教授
委 員	長井 宏平	東京大学生産技術研究所准教授
委 員	中村 光	名古屋大学大学院教授
委 員	東山 浩士	近畿大学教授
委 員	藤山知加子	法政大学教授
委 員	細田 暁	横浜国立大学大学院准教授
委 員	睦好 宏史	埼玉大学大学院教授
委 員	森 猛	法政大学教授
委 員	渡辺 博志	(国研) 土木研究所
委 員	芦塚憲一郎	西日本高速道路(株)
委 員	上杉 泰右	八千代エンジニアリング(株)
委 員	寺島 善宏	首都高速道路(株)
委 員	西岡 勉	阪神高速道路(株)
委 員	本間 淳史	東日本高速道路(株)
委 員	前田 晴人	(株) 日本構造橋梁研究所
委員兼幹事長	酒井 秀昭	中日本高速道路(株)
委員兼幹事	池端 信哉	中日本高速道路(株)
委員兼幹事	土橋 浩	首都高速道路(株)
委員兼幹事	広瀬 剛	(株) 高速道路総合技術研究所
委員兼幹事	橋本 幹司	エム・エムブリッジ(株)
委員兼幹事	三浦 芳雄	(株) 横河ブリッジ
○委員兼幹事	大澤 浩二	川田建設(株)
○委員兼幹事	大村 一馬	(株) 安部日鋼工業
○委員兼幹事	河村 直彦	(株) ピーエス三菱
○委員兼幹事	佐藤 徹	昭和コンクリート工業(株)
○委員兼幹事	佐東 有次	(株) 富士ピー・エス
○委員兼幹事	高橋 健	(株) 日本ピーエス
○委員兼幹事	武知 勉	オリエンタル白石(株)
○委員兼幹事	立神 久雄	ドーピー建設工業(株)
○委員兼幹事	中田 順憲	極東興和(株)
○委員兼幹事	中村 定明	(株) IHI インフラ建設
○委員兼幹事	平井 圭	黒沢建設(株)
○委員兼幹事	藤森 信一	日本高圧コンクリート(株)
○委員兼幹事	松田 龍一	コーアツ工業(株)
○委員兼幹事	諸橋 明	三井住友建設(株)

○：委託側委員

旧委員：金治 英貞（阪神高速道路(株)）

旧委託側委員：内野 英宏（(株) 富士ピー・エス）

3. 設計施工要領の構成と検討の手順

3.1 設計施工要領の構成

本指針は、以下に示す5章と参考資料から構成されている。

- ・ 1 章 総則
- ・ 2 章 調査・計画

- ・ 3 章 設計
- ・ 4 章 施工
- ・ 5 章 鋼部材の診断・対策
- ・ 参考資料

3.2 設計施工要領の適用の範囲

鋼道路橋においては、工事費の削減や工期の短縮などを目的として、比較的大きな床版支間長の橋梁にPC構造の床版が採用されており、その一部の橋梁には、更なる工期の短縮などを目的としてPC工場製品の床版や工事現場近くのヤードで製作されたプレキャストのPC床版が採用されている。既設鋼道路橋のRC床版の更新においては、工期の短縮や性能の向上などを目的として、プレキャストのPC床版が採用された事例が多い。

PC工学会においては、既設鋼道路橋のRC床版の更新工法として、プレキャストのPC床版を採用する場合の既設構造物の変状調査、撤去および更新構造物の設計作用の推定、更新構造物の設計・施工および維持管理について、「コンクリート構造設計施工規準」をもとに、技術指針を2016年3月に策定した。設計施工要領は、技術指針の内容について既往の事例や研究成果などをもとに具体的に解説したものであり、既設鋼道路橋の床版の更新工法として、プレキャストのPC床版を採用する場合の調査・計画、更新構造物の設計・施工および既設鋼道路橋の鋼部材の診断・対策に適用する。

3.3 設計施工要領による検討の手順

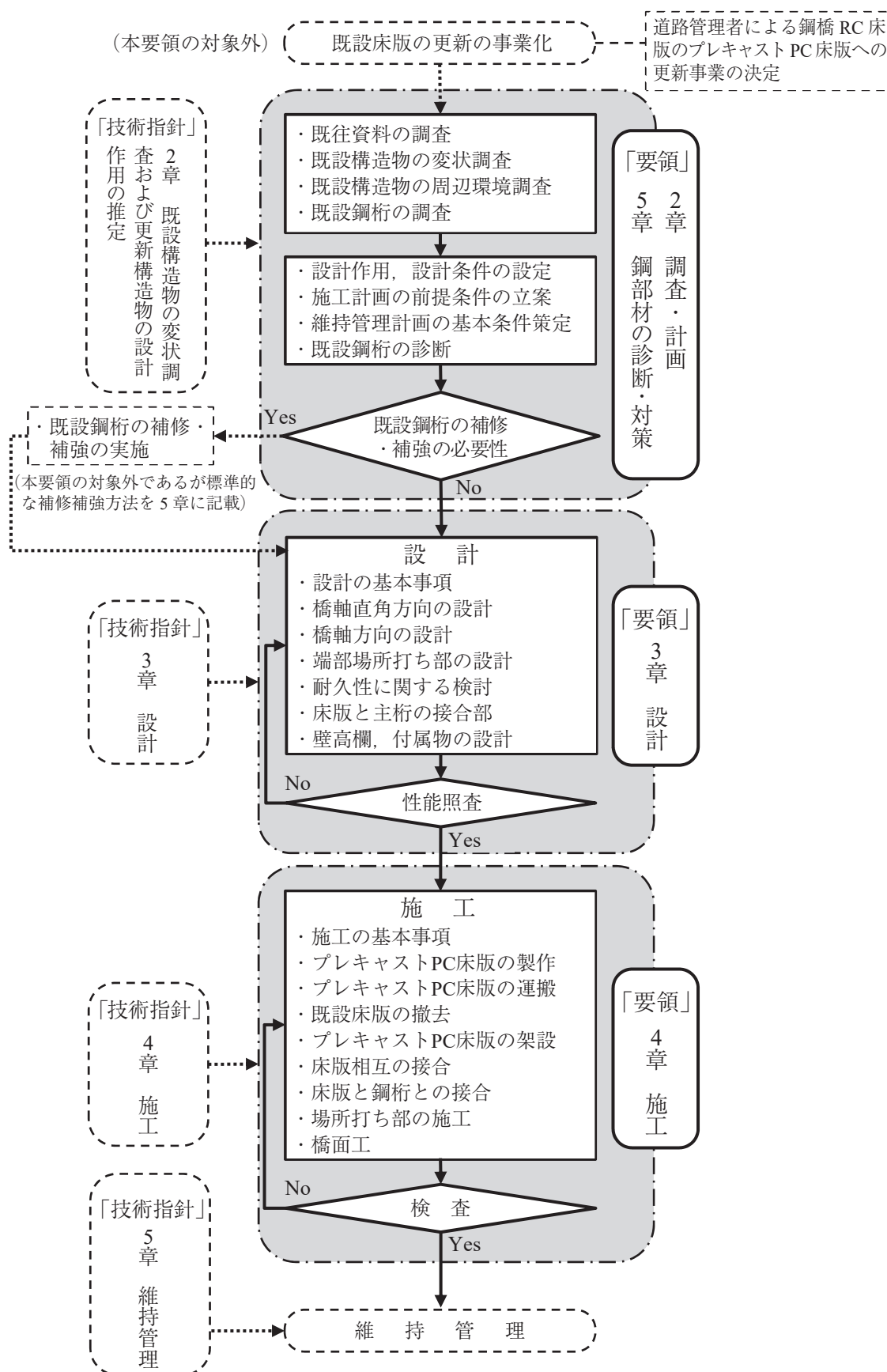
設計施工要領による検討の手順および設計施工要領と技術指針との関係を図-1に示す。

4. 調査・計画について

床版の更新工事の実施にあたっては、設計作用・設計条件の設定、施工計画の前提条件の立案および維持管理計画の基本条件の策定を目的として、以下に示す項目について調査を実施する。

- ① 設計図書・施工記録および維持管理記録などの既往資料の調査
- ② コンクリート部材の塩害・疲労・ASR・中性化・凍害および鋼部材の腐食・疲労などに起因する既設構造物の変状調査
- ③ 交通量調査・塩害環境に関する調査・ASRに関する調査・当該環境に関する調査などの既設構造物の周辺環境調査
- ④ 既設構造物の形状調査
- ⑤ 既設鋼桁の設計手法・疲労および腐食に関する調査

床版の更新工事の設計、施工および維持管理の計画にあたっては、耐久性の高い床版の構築を念頭に置き、作用や材料選定および維持管理の容易性に配慮し、前述の調査の結果をもとに諸条件を適切に設定するとともに、更新箇所の交通量、気象条件、施工量および施工期間に十分配慮する。また、床版の更新工事の設計においては、更新箇所の環境作用に応じた設計条件を適切に設定するとともに、かざられた期間内で工事が完了できるように効率化・省力化に配慮して計画を実施する。



※図中の実線は「設計施工要領」の検討の手順を示す。破線枠内で「技術指針」と記載されている項目は、「技術指針」の関連する章を示す。

図 - 1 「設計施工要領」による検討手順および本要領と技術指針との関係

5. 設計について

床版更新事業の設計にあたっては、更新構造物が設計供用期間内において、構造物に必要な機能を満足するように性能を創造し、適切な照査指標と限界値を設定して設計する必要がある。この基本的な手法は、技術指針に規定されており、設計施工要領においては、技術指針にもとづき更新構造物を具現化するにあたっての手法や手順について示した。本項では、設計のうち、設計の手順、プレキャスト PC 床版の構造および耐久性に関する検討の概要について述べる。

5.1 設計の手順

更新構造物の設計は、図 - 2 に示す手順で行うことを標準とする。

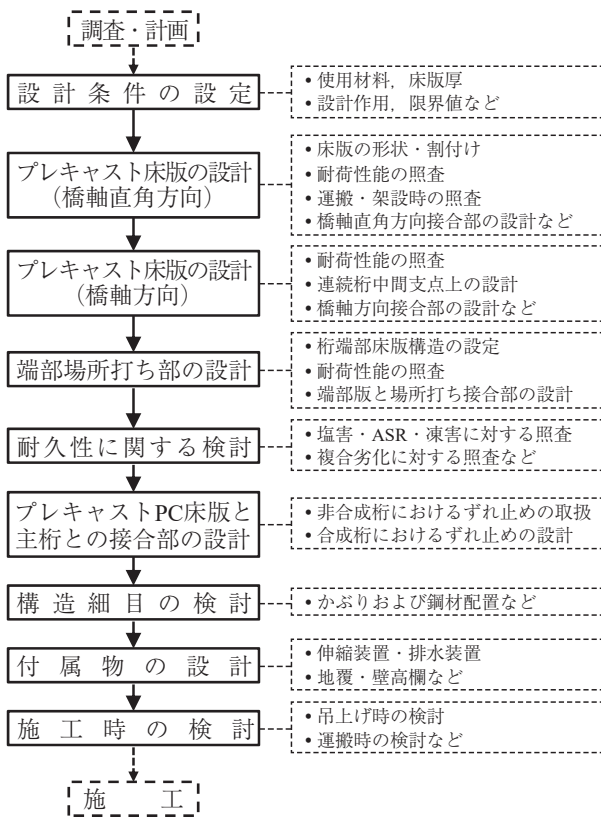


図 - 2 設計の手順

5.2 プレキャスト PC 床版の構造

更新構造物の床版は、工場で橋軸直角方向にプレテンション方式によりプレストレストを導入したプレキャスト PC 床版が用いられ、図 - 3 に示すように現場で架設され一体化される。プレキャスト PC 床版の橋軸方向の幅は、一般に運搬の制限により決定され、概ね 2.0 m 程度となる。交通量が多く床版幅全幅での交通規制が困難な場合は、交通を一部通行させながら橋軸方向に分割して施工せざるを得ない場合もある。この場合は、プレキャスト PC 床版を橋軸方向に分割して製作して現場で橋軸直角方向の一体化が可能な構造とする必要がある。

プレキャスト PC 床版の橋軸方向の接合は、図 - 4 に示

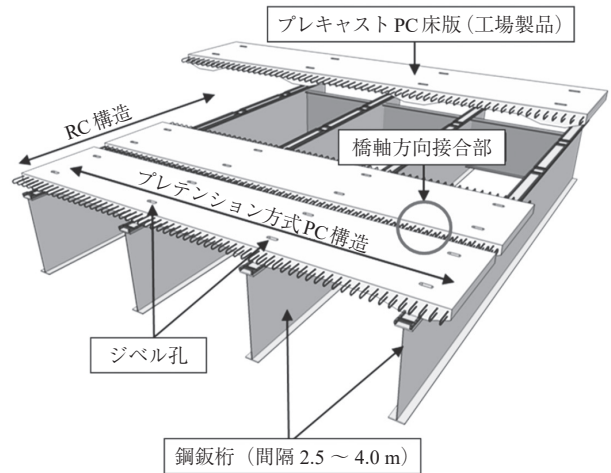


図 - 3 プレキャスト PC 床版の標準的な構造の例

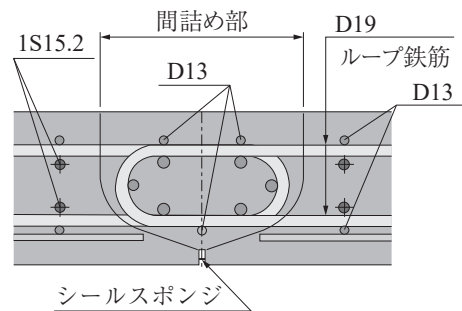


図 - 4 橋軸方向接合部の例（RC ループ継手）

すように RC 構造としてループ鉄筋継手とする方法が標準的に採用されている。鋼桁と床版とを非合成構造として設計している橋梁においても、実荷重作用化においては合成構造として挙動している⁵⁾。このため、中間支点付近において自動車荷重により主桁に負の曲げモーメントが作用する区間で床版にひび割れが発生する場合は、耐久性の確保の観点から、防錆した鋼材、ステンレス鋼材あるいは鋼材以外の補強材を使用することや必要に応じて橋軸方向にプレストレストを導入することなどを検討する必要がある。

プレキャスト PC 床版を橋軸方向に分割して製作して現場で一体化が可能な構造とする場合の橋軸直角方向の接合部は、現場でコンクリートやモルタルを使用せず、PC 構造としてせん断キーなどを用いてプレストレストにより一体化することを標準とした。RC 構造として現場でコンクリートを施工する場合や PC 構造として現場でモルタルを使用する場合は、自動車荷重や振動による接合部間のたわみ差により、未硬化のコンクリートやモルタルにひび割れなどの初期欠陥が生じるおそれがあるため、有害な接合部のたわみ差を生じないように、比較的剛な縦桁などを設置して接合する必要がある。

5.3 耐久性に関する検討

設計施工要領においては、更新用プレキャスト PC 床版の耐久性に関する劣化要因のうち、塩害、アルカリシリカ反応、凍害および複合劣化に関する検討方法について詳述している。本文では、これらのうち、飛来塩分や凍結防止

剤に起因する塩化物イオンに対する床版の耐久性の検討方法の概要を述べる。

塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する照査は、フィックの第2法則にもとづく拡散方程式の解を用いて、式(1)に示すように鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 C_d の鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に対する比に構造物係数 γ_i を乗じた値が、1.0 以下であることを確かめることにより行うことを原則とする。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \quad (1)$$

塩害に対する照査で用いるコンクリート表面塩化物イオン濃度は、環境作用として海岸からの飛来塩分のみによる場合は、対象地域の飛来塩分量に応じて設定するものとする。環境作用として、凍結防止剤に起因する塩害の影響を受ける場合は、塩分環境調査によりコンクリート表面塩化物イオン濃度を設定するものとする。凍結防止剤が大量に散布されることが予想されるコンクリート構造物においては、コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数を低下させることが可能な混合セメントまたは高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を用いること、防錆した鋼材、ステンレス鋼材あるいは鋼材以外の補強材を使用することのほか、信頼できる防水工や排水工を適切に設けるなどマルチレイヤープロテクションの手法を取り入れて、耐久性を高めることが望ましい。

鋼桁と床版とを非合成構造として設計している橋梁においても、実荷重作用化においては合成構造として挙動している⁴⁾ため、活荷重により主桁に生じる曲げモーメントに応じて図-5に示すように区分して塩害に対する照査を行うこととした。

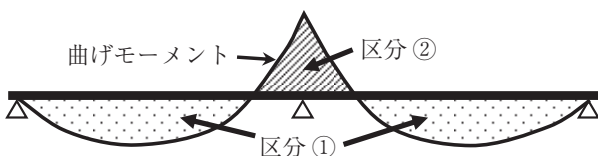


図-5 主桁の曲げモーメントによる検討区分

図-5に示す区分②のような主桁と床版との合成作用により床版上縁に引張応力が発生する区間で、床版にひび割れが発生する場合は、塩化物イオンを含んだ水がひび割れに沿って鋼材位置まで到達するため、コンクリート表面における塩化物イオン濃度と鋼材位置における塩化物イオン濃度を同一の値として塩害に対する照査を行うものとする。

図-5に示す区分①のような主桁と床版との合成作用により床版上縁に圧縮応力が発生する区間で、床版にひび割れが発生しない場合は、フィックの第2法則にもとづく拡散方程式の解を用いて鋼材位置における塩化物イオン濃度を算定して塩害に対する照査を行うものとする。

6. 施工について

床版更新事業の施工にあたっては、設計された更新構造物が設計供用期間内において、構造物に必要な機能を満足

する性能を有するように施工する必要がある。このための基本的な手法は、技術指針に規定されており、設計施工要領においては、技術指針にもとづき更新構造物を施工するにあたっての具体的な手法や手順について示した。本項では、施工のうち、施工計画、事前調査と設計照査、プレキャストPC床版の製作および床版の場所打ち部の施工について述べる。

6.1 施工計画

床版の更新工事では、施工を適切に行うため、施工計画を立案し、施工計画書を作成する。施工計画書には、工事概要、工程表、現場組織、安全管理、使用機械、主要資材、施工方法、施工管理計画、品質管理計画、緊急時の体制、交通管理、環境対策、再生資源および建設副産物に対する計画などを記載する。床版の更新工事は供用中の橋梁で工事を行うため、交通および工事安全対策が重要となるので、交通管理者などの関係機関と事前に協議し、施工計画書に反映させる。床版更新工事の施工手順の例を図-6に示す。

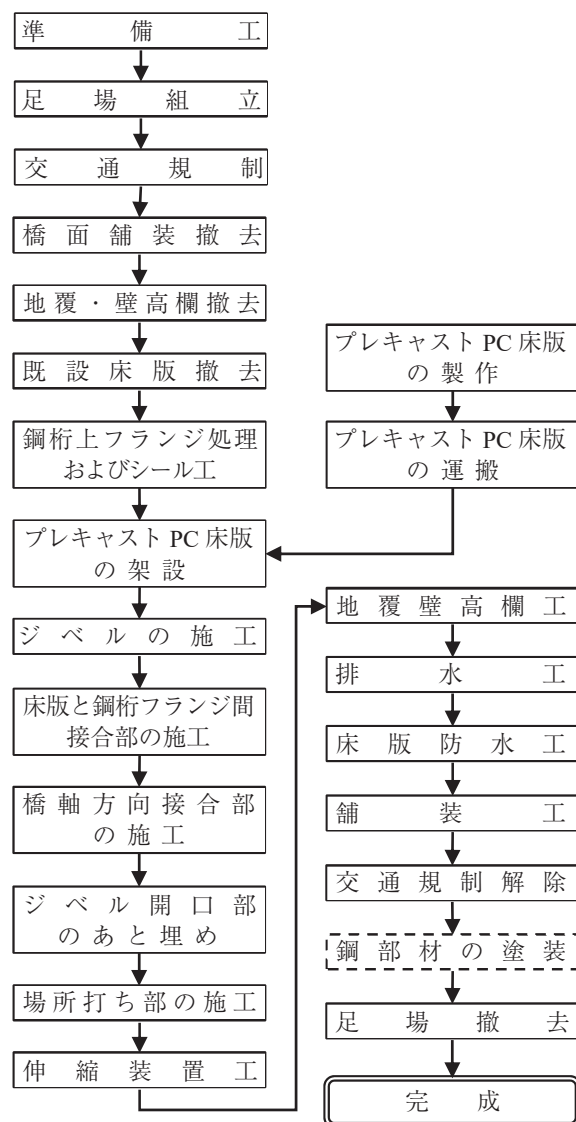


図-6 床版更新工事の施工手順の例

6.2 事前調査および設計照査

施工に先立ち対象橋梁の調査と測量を実施し、設計図書と相違がないことを確認する。とくに測量では、鋼桁の形状（桁長、桁間距離など）および基準高さを確認する。

設計図書の照査では、実際の施工順序や施工時の作用が、設計時に想定した順序や作用に対して安全であることを確認する。とくに、施工時に鋼桁上に設置する架設クレーンなどの荷重に対する鋼桁の安全性を確認する。

6.3 プレキャスト PC 床版の製作

プレキャスト PC 床版の製作場所は、所要の品質を有するコンクリートを製造または供給できるとともに、鉄筋・PC 鋼材などの補強材を正確に組み立てる設備、コンクリート打設時の圧力や蒸気養生などの条件に耐えられる型枠設備、所定の蒸気養生を行うことのできる養生施設やプレテンション方式でプレストレスを導入できる設備、プレキャスト PC 床版に有害な衝撃や振動を与えない揚重運搬設備を備えている必要がある。また、製造に用いるコンクリートなどの原材料や製造工程中および完成した製品の品質管理のための試験・検査に用いる設備と品質管理体制を備えている必要がある。そのため、これらの設備や品質管理体制を有する既存の PC 工場で作成するのがよい。

一般に、プレキャスト PC 床版は、水セメント比が 40% 程度以下と小さく圧縮強度が 50 MPa 以上のコンクリートが使用される。また、バッチミキサに材料を投入する順序、練混ぜ量は、ミキサの形式、練混ぜ時間、骨材の種類および粒度、単位水量、単位セメント量、混和材料の種類などによって相違する。このため、JIS A 1119 に定める練混ぜ性能試験、圧縮強度試験や実績などを参考に、これらの方法を工場ごとに定めるのがよい。プレキャスト PC 床版は、耐久性の向上を目的として高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を用いる事例が多い。これらの混和材は、一般に粉体の形状や粉末度のために流動性が良く、計量や練混ぜに注意を要する。そのため、試験練りだけでなく実機においても練混ぜ試験を実施して、最適な練混ぜ時間や投入方法・順序などを把握しておくことが必要である。

プレキャスト PC 床版の製作では、一般に打設後に蒸気養生を行う。この場合、部材内の温度差によるひび割れの発生抑制や一律な水和の進行を考慮して、昇温時の勾配は 15℃/時間以下が望ましい。エポキシ樹脂塗装鉄筋やエポキシ樹脂被覆 PC 鋼材を用いている場合、蒸気養生により急激な温度上昇があるとエポキシ樹脂の軟化や付着特性の変化が考えられるため、蒸気養生の温度を制限することなどの対策を検討する必要がある。

6.4 床版の場所打ち部の施工

床版の場所打ち部とは、更新用プレキャスト PC 床版を用いた橋梁において端部や線形への対応によって図 - 7 に示すように一部場所打ち施工される PC 床版をいう。なお、橋梁上部構造の床版を土工部まで延伸し、伸縮装置を土工部に設置する場所打ち延長床版においてもプレキャスト PC 床版と同等の性能が要求される。場所打ち PC 床版は、橋軸方向にひび割れが発生しやすい傾向にあるため、収縮補償用膨張コンクリートを使用する。プレストレスを場所

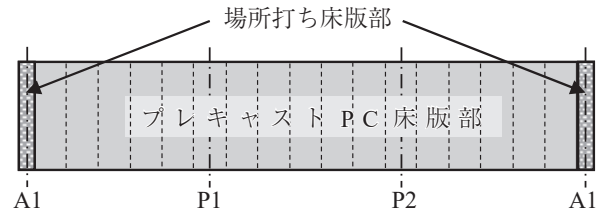


図 - 7 床版の場所打ち部の例 (平面図)

打ち部に導入する場合は、場所打ち部のポストテンション方式による緊張作業後に間詰部を施工することを標準とし、材齢に応じたクリープや乾燥収縮および自己収縮の影響を検討する必要がある。

また、場所打ち部が耐久性の弱点とならないように場所打ち部コンクリートの設計基準強度をプレキャスト PC 床版と同等以上とする必要がある。とくに桁端部などにおいては、水などが滞留しやすく劣化の進行が進展しやすい部位であるため、床版の桁端塗装を行い劣化因子の侵入を防止する対策なども検討する必要がある。

プレキャスト PC 床版の耐久性向上のために高炉スラグ微粉末やフライアッシュなどの混和材を使用した場合、場所打ち部の床版部においてもプレキャスト部材と同等の耐久性が要求されるため、同じ混和材を使用する必要がある。ただし、高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いたコンクリートは、塩化物イオンに対する抵抗性の向上やアルカリシリカ反応の抑制などコンクリートの耐久性を高める効果がある一方、強度発現が遅れるなどの特性があるため、適切な養生が行われない場合は期待する耐久性が得られない場合があるので十分な注意が必要となる。

7. 鋼部材の診断・対策

床版更新事業においては、鋼橋の変状および健全性について適切に調査を行い、診断・対策を実施することで、更新する床版と同様な設計供用期間を確保する必要がある。鋼部材の診断・対策を実施するにあたっては、建設時の適用示方書や設計方法および変状の種類や対策など、多岐にわたる検討が必要であるとともに、総合的な判断も必要となるので鋼橋の専門技術者の判断も踏まえて実施する必要がある。

技術指針においては、鋼桁などの鋼部材の劣化機構と要因について示されているが具体的な診断や対策の方法については述べられてはいないため、設計施工要領においては、鋼桁などの鋼部材の診断方法や標準的な補修・補強などの対策方法について示した。本項では、鋼部材の診断・対策のうち、鋼部材の調査・計画、鋼桁の安全性に対する照査および鋼部材の疲労に対する診断・対策について述べる。

7.1 鋼部材の設計手法の調査・計画

鋼桁などの鋼部材の建設時の設計手法や施工順序を確実に調査し、現状の応力性状を把握したうえで床版更新工事の計画を立案しなければならない。これを怠ると設計供用期間中に性能が劣ることで設定した機能を果たせなかったり、施工時に不安定な状態になることがあり得るため、十

分に留意する必要がある。また、死荷重の増加や道路橋示方書の改訂による設計活荷重の変更にも留意しなければならない。

RC床版を有する鋼橋の設計手法は、非合成桁、死活荷重合成桁、活荷重合成桁および切断合成桁など、架橋地点の条件、経済性、および時代によってさまざまな設計の考え方で行われてきた。また、施工手順によってはRC床版打設前の鋼桁架設時に架設ヒンジを設けることもあり、見かけの構造系から判別が困難な主桁応力状態になっていることもある。したがって、設計図書、施工記録および維持管理記録などを十分に調査・確認したうえで主桁の補強の有無やその程度、床版撤去およびPC床版の架設などを計画する必要がある。

7.2 鋼桁の安全性に対する照査

床版更新工事においては、床版や舗装の増厚、主桁の補強および外ケーブル補強などで死荷重が増加する要因が多く、新規の詳細設計と同様に格子解析などにより主桁断面力を評価して主桁の照査を行わなければならない。床版更新工事において主桁の照査に用いる荷重は、新設橋と同様に最新の道路橋示方書⁶⁾により設定する。

主桁照査において、一般に用いられている格子計算による照査では許容値を満足しないことも想定される。このような場合は、既設桁の補強を最少にする観点から、必要に応じてFEM解析などの詳細なモデルにより照査することが望ましい。安全性に対する照査としては、3次元FEM解析を用いて、コンクリート部材はソリッド要素、主桁および補剛材はシェル要素、対傾構および横構は梁要素でモデル化することなどが実施されている。

7.3 鋼部材の疲労に対する診断・対策

道路橋示方書においては、平成14年から疲労の照査が規定化されたが、それ以前に設計され大型車の交通量が多い橋梁においては、鋼部材に疲労き裂が発生しているケースが多く報告されている。したがって、床版更新時には、疲労に対する調査を行って、安全性や供用性などについて適切に診断を行い、必要に応じて補修・補強などの対策を実施する必要がある。とくに、鋼桁のフランジやウェブなどの一次部材にき裂が発生している場合は、落橋や安全な通行が困難となる場合があるので、十分な検計が必要である。

調査の方法は、近接での目視を基本として塗膜割れの調査を行い、疲労き裂が原因と想定される塗膜割れを発見した場合は、その箇所の塗膜やさびを除去し、磁粉探傷試験や浸透探傷試験および渦流探傷試験などの非破壊試験を実施して、疲労き裂の有無や形状を調査する。

発生が確認されている疲労き裂のうち鋼桁の一次部材であるフランジやウェブに発生するソールプレート部き裂と横構ガセット部き裂について紹介する。

ソールプレート前面の溶接部には、支承の劣化による機能不全（回転・移動）により、応力集中が発生する。また、ソールプレート前面の溶接部は、比較的薄い下フランジに、厚いソールプレートが溶接されることにより、断面剛性急変点となるので、応力集中を生じやすい。これらのことから、図-8に示すようにソールプレートと下フランジの

すみ肉溶接部に疲労き裂が発生する。このき裂は、下フランジを貫通してウェブまで進展したのちに、主桁を破断させるおそれがあるため、き裂を発見した場合は、すみやかな対策を行う必要がある。

横構ガセットのウェブとの溶接部の図-9に示す箇所は、横構の軸力変動や主桁の曲げ応力により疲労き裂が生じるおそれがある。横構軸力の変動は、風・地震による横荷重と活荷重により横構両端の主桁のたわみ差（橋体のねじれ）によって生じる。斜橋や曲線橋では、活荷重に対しても横構軸力の変動が発生する。この箇所に発生する疲労き裂は、ウェブに進展したのちに、フランジを破断させるおそれがあるため、き裂を発見した場合は、すみやかな対策を行う必要がある。

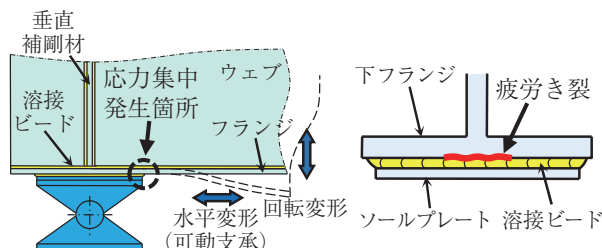


図-8 ソールプレート部に発生する疲労き裂

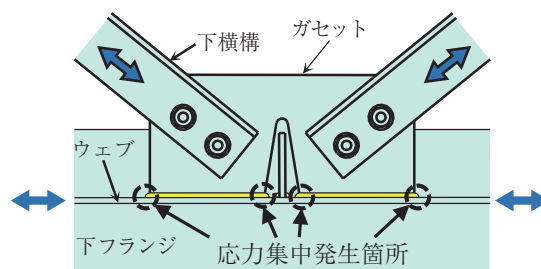


図-9 横構ガセット部の応力集中によるき裂の着目点

床版更新工事の対象となった鋼橋に疲労き裂が発見された場合は、必要に応じて補修・補強を実施する。表-2に、疲労き裂の補修・補強工法の一覧を示す。

表-2 疲労き裂の標準的な補修・補強工法

工法・対策	得られる効果
ストップホール	き裂部位に作用する応力の低減
高力ボルトによるあて板補強	
溶接による補修	
高周波ピーニング	継手部の疲労強度の向上
グラインダー仕上げ	
ハンマーピーニング	
TIG処理	機能復旧・向上
損傷部の取替え	

8. おわりに

更新の対象となる鋼橋のRC床版は、疲労のように設計時に想定した交通量や荷重を超える作用や、塩害やアルカリシリカ反応のように設計時に想定しなかったまたは過小評価していた作用により劣化が想定以上に進行した構造物

である。したがって、新たに構築される更新構造物は、既設構造物の劣化を考慮することのみならず、更新構造物の設計供用期間中に受ける作用に対して、構造物に要求される機能を満足する性能を技術指針にもとづき創造し、本設計施工要領により具現化する必要がある。

更新の対象となる鋼橋の鋼桁などの鋼部材は、疲労や腐食に起因して変状が進行している場合がある。変状が進行した鋼部材においても、更新構造物と同様な設計供用期間を有する必要があるため、本設計施工要領を参考として、必要に応じ補修・補強などの対策を床版更新工事と同時期に実施することが望ましい。

また、道路橋の更新工事の宿命として長期にわたり供用を完全に止めて道路橋床版を更新することが困難であり、部分的に供用させながらの更新工事を実施せざるを得ないことが多い。施工期間や現場状況の制約、天候の影響、など更新工事にしわ寄せが来れば結果的に所期の品質の床版の建設が困難になるリスクを内在していることを考え、更新工事の発注者と受注者は無理のない施工計画を立てることが肝要である。そのためには技術指針や本設計施工要領に示されている事項を適切に把握し、工事が円滑に遂行されることを望む次第である。

最後に、本技術指針の策定にあたり、委員、幹事各位には貴重なご意見を賜るとともに多大なご努力を賜った。また、本学会の事務局の各位には会議室の確保や資料の作成などに多大なご協力を賜った。ここに深甚の謝意を表する次第である。なお、この委員会の活動は表-1に示す委託側委員の所属する14会社からの業務委託費によって賄われた。

参考文献

- 1) 東・中・西日本高速道路株式会社：東・中・西日本高速道路の更新計画について、2015.3
- 2) プレストレストコンクリート工学会：更新用プレキャスト PC 床版技術指針、2016.3
- 3) 池田尚治、酒井秀昭：更新用プレキャスト PC 床版技術指針について－劣化が進行した鋼橋 RC 床版の PC 床版への更新、プレストレストコンクリート、Vol.58, No.5, pp.11-17, 2016.
- 4) プレストレストコンクリート工学会：プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領、2016.3
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編、pp.374-376, 2017.11
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編、pp.93-107, 2017.11

【2018年3月26日受付】



新刊案内

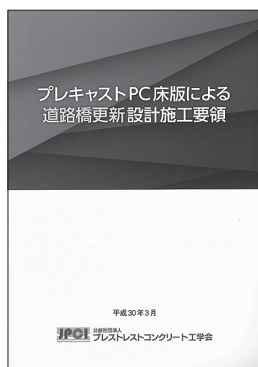
プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領

2018年3月

本工学会は、平成 28 年 3 月に「更新用プレキャスト PC 床版技術指針」(以下、「技術指針」という。)を策定しました。道路橋床版更新工事の実施に際しては、この「技術指針」を補完する具体的なプロセスを盛り込んだ設計施工要領の必要性が認識され、引き続き「更新用プレキャスト PC 床版技術検討委員会 (その 2)」(委員長：池田尚治 (株)複合研究機構 横浜国立大学名誉教授)を設立し、設計施工要領の策定に取り組んでまいりました。このたび平成 30 年 3 月に策定しました「プレキャスト PC 床版による道路橋更新設計施工要領」は「技術指針」の基本理念に基づいた詳細な設計と施工の要領が示されており、鋼部材についても詳述されています。

是非お手元に置いてご活用ください。

目次構成



1 章 総則	4 章 施工
2 章 調査・計画	4.1 施工の基本事項
2.1 調査の目的	4.2 プレキャスト PC 床版の製作
2.2 既往資料の調査	4.3 プレキャスト PC 床版の運搬
2.3 既設構造物の変状調査	4.4 既設床版の撤去
2.4 既設構造物の周辺環境調査	4.5 プレキャスト PC 床版の架設
2.5 既設構造物の形状調査	4.6 床版相互の接合
2.6 既設鋼桁の調査	4.7 床版と鋼桁との接合
2.7 計画	4.8 場所打ち部の施工
3 章 設計	4.9 橋面工
3.1 設計の基本事項	5 章 鋼部材の診断・対策
3.2 橋軸直角方向の設計	5.1 鋼部材の調査・計画
3.3 橋軸方向の設計	5.2 鋼桁の設計手法および安全性に対する診断・対策
3.4 端部場所打ち部の設計	5.3 鋼部材の疲労に対する診断・対策
3.5 耐久性に関する検討	5.4 鋼部材の腐食に対する診断・対策
3.6 プレキャスト PC 床版と鋼桁の接合部	5.5 支承の診断・対策
3.7 構造細目	参考資料
3.8 橋面、壁高欄および付属物に関する留意点	参考 1 設計例 (床版、壁高欄)
3.9 その他の留意点	参考 2 その他 (壁高欄施工例、過去の輪荷重走行試験結果)

(全 248 ページ)

定 価 8,000 円 / 送料 300 円
 会員特価 6,000 円 / 送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会